

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2002-083684
(43) Date of publication of application : 22.03.2002

(51) Int. Cl. H05B 33/14
C09K 11/06
G09F 9/30
H05B 33/22

(21) Application number : 2001-178737 (71) Applicant : SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD
(22) Date of filing : 13.06.2001 (72) Inventor : SEO TETSUSHI
YAMAZAKI SHUNPEI

(30) Priority
Priority number 2000190333 Priority date 23.06.2000 Priority country JP
: : :

(54) LIGHT-EMITTING DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light-emitting device which is bright and cheap at low power consumption.

SOLUTION: The light-emitting device which can convert energy from a triplet excitation state into light emission, is obtained by using an organic compound (polynuclear complex) with a molecular structure, which is easy to generate a mutual interaction of spin to orbit, as the light-emitting layer of the EL device, or a dopant. At this time, using the central metal of the polynuclear complex as cheap metals (for example, Cu, Ni, Co, V, Mn, Fe, Zn, or the like) reduces manufacturing cost, and it becomes possible to provide the low-cost light-emitting device.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision
of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-83684

(P2002-83684A)

(43)公開日 平成14年3月22日(2002.3.22)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	マーク [*] (参考)
H 05 B 33/14		H 05 B 33/14	B 3 K 007
C 09 K 11/06	6 6 0	C 09 K 11/06	6 6 0 5 C 09 4
G 09 F 9/30	3 6 5	G 09 F 9/30	3 6 5 Z
H 05 B 33/22		H 05 B 33/22	B D

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 14 頁)

(21)出願番号	特願2001-178737(P2001-178737)
(22)出願日	平成13年6月13日(2001.6.13)
(31)優先権主張番号	特願2000-190333(P2000-190333)
(32)優先日	平成12年6月23日(2000.6.23)
(33)優先権主張国	日本 (JP)

(71)出願人	000153878 株式会社半導体エネルギー研究所 神奈川県厚木市長谷398番地
(72)発明者	瀬尾 恒史 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
(72)発明者	山崎 舜平 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
F ターム(参考)	3K007 AB02 AB04 AB18 BA06 BB01 BB04 CA01 CB01 DA01 DB03 EB00 5C094 AA08 AA10 BA03 BA12 BA27 CA19 CA24 DA13 FB01

(54)【発明の名称】 発光装置

(57)【要約】

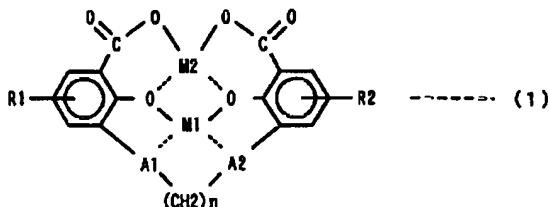
【課題】 明るく低消費電力で安価な発光装置を提供する。

【解決手段】 スピナー軌道相互作用を生じやすい分子構造を有した有機化合物(多核錯体)をEL素子の発光層もしくはドーパント色素として用いることにより三重項励起状態からのエネルギーを発光に変換しうる発光装置を得る。このとき多核錯体の中心金属を安価な金属(例えばCu、Ni、Co、V、Mn、FeまたはZn等)とすることで製造コストを低減し、安価な発光装置を提供することが可能となる。

【特許請求の範囲】

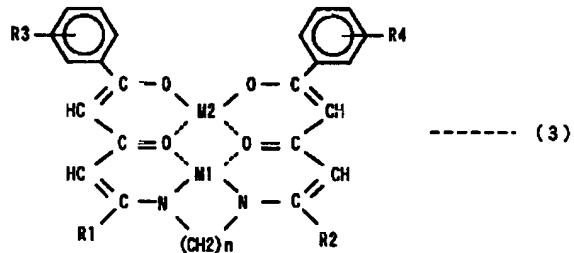
【請求項1】 E L素子を含む発光装置において、前記E L素子は、下記分子式(1)で表される構造を含む有機化合物からなる薄膜を含むことを特徴とする発光装置。

【化1】



(但し、R1およびR2は水素原子、アルキル基もしくはベンゼン核を含む置換基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。また、A1およびA2は窒素、酸素、炭素もしくは硫黄を含む鎖状の置換基またはヘテロ原子を含む複素環式基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。また、M1およびM2は遷移元素であり、それぞれ異種でも同種でも良い。なお、nはn=2以上の整数である。)

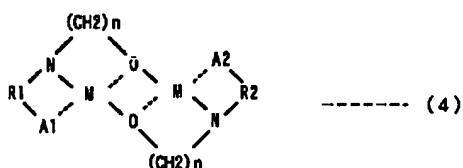
【請求項2】 E L素子を含む発光装置において、前記E L素子は、下記分子式(2)で表される構造を含



(R1～R4は水素原子、アルキル基もしくはベンゼン核を含む置換基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。なお、R1とR2もしくはR3とR4とは互いに結合して環を形成しても良い。また、M1およびM2は遷移元素であり、それぞれ異種でも同種でも良い。なお、nはn=2以上の整数である。)

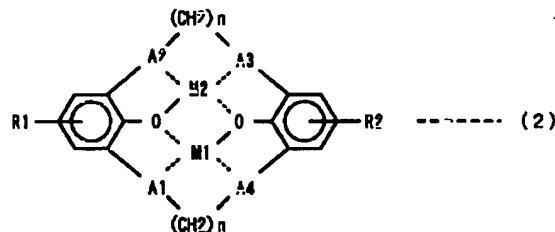
【請求項4】 E L素子を含む発光装置において、前記E L素子は、下記分子式(4)で表される構造を含む有機化合物からなる薄膜を含むことを特徴とする発光装置。

【化4】



む有機化合物からなる薄膜を含むことを特徴とする発光装置。

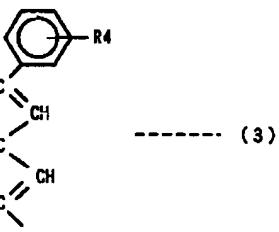
【化2】



(R1およびR2は水素原子、アルキル基もしくはベンゼン核を含む置換基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。また、A1～A4は窒素、酸素、炭素もしくは硫黄を含む鎖状の置換基またはヘテロ原子を含む複素環式基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。また、M1およびM2は遷移元素であり、それぞれ異種でも同種でも良い。なお、nはn=2以上の整数である。)

【請求項3】 E L素子を含む発光装置において、前記E L素子は、下記分子式(3)で表される構造を含む有機化合物からなる薄膜を含むことを特徴とする発光装置。

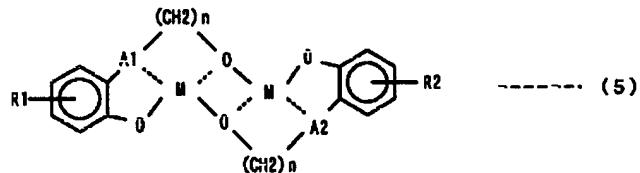
【化3】



(R1およびR2は、炭素原子が鎖状に結合した置換基もしくはベンゼン核を含む置換基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。また、A1およびA2は、アミノ基もしくはヘテロ原子を含む複素環式基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。また、Mは遷移元素である。なお、nはn=2以上の整数である。)

【請求項5】 E L素子を含む発光装置において、前記E L素子は、下記分子式(5)で表される構造を含む有機化合物からなる薄膜を含むことを特徴とする発光装置。

【化5】



(R1およびR2は水素原子、アルキル基もしくはベンゼン核を含む置換基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。また、A1およびA2は窒素、酸素、炭素もしくは硫黄を含む鎖状の置換基またはヘテロ原子を含む複素環式基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。また、Mは遷移元素である。なお、nはn=2以上の整数である。)

【請求項6】EL素子を含む発光装置において、前記EL素子は、中心金属の間に共有結合を含む多核錯体からなる薄膜を含むことを特徴とする発光装置。

【請求項7】請求項1乃至請求項6のいずれか一に記載の発光装置を用いたことを特徴とする電気器具。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電極間にEL(Electro Luminescence)が得られる有機化合物からなる薄膜(以下、有機EL膜という)を挟んだ素子(以下、EL素子という)を含む発光装置に関する。特に三重項励起状態から基底状態に戻る際のエネルギー(以下、三重項励起エネルギーという)を発光に変換しうる有機化合物を用いた発光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】有機EL膜を用いたEL素子は電場を加えることにより発光する素子であり、軽量、直流低電圧駆動、高速応答性などの特性から、次世代のフラットパネルディスプレイに用いる素子として注目されている。また、自発光で視野角が広いことから携帯機器の表示画面として有効と考えられている。

【0003】EL素子は陰極から注入された電子および陽極から注入された正孔が有機EL膜の発光中心で再結合して励起子を形成し、その励起子が基底状態に戻るときにエネルギーを放出して発光する。励起状態には一重項励起状態(S*)と三重項励起状態(T*)があり、その統計的な生成確率はS*:T*=1:3であると考えられている。

【0004】しかしながら、一般的な有機化合物は室温において三重項励起状態(T*)からの発光(リン光)が観察されないため、内部量子効率の理論的限界値は25%とされていた。また、発生した光は全て素子の外部に放出されるわけではなく、一部の光は素子固有の屈折率が原因で取り出すことができない。発生した光のうち素子の外部に取り出すことのできる割合を光の取り出し効率というが、その取り出し効率は約20%と言われている。

【0005】従って、注入されたキャリアが全て励起子を生成したとしても光の取り出し効率を考慮すると最終的に取り出すことのできる光の割合(外部量子効率)は $25\% \times 20\% = 5\%$ となる。即ち、全てのキャリアが再結合したと仮定してもそのうち5%しか光として取り出せない計算になる。

【0006】しかし、最近になって三重項励起エネルギーを発光(リン光の発光)に変換しうる有機化合物が提案され、その発光効率の高さが注目されている。三重項励起子を利用し、外部量子効率を向上させた例として以下の報告がある。

【0007】(1) T.Tsutsui, C.Adachi, S.Saito, Photochemical Processes in Organized Molecular Systems, ed.K.Honda, (Elsevier Sci.Pub., Tokyo, 1991) p. 437.

(2) M.A.Baldo, D.F.O'Brien, Y.You, A.Shoustikov, S.Sibley, M.E.Thompson, S.R.Forrest, Nature 395 (1998) p.151.

(3) M.A.Baldo, S.Lamansky, P.E.Burrrows, M.E.Thompson, S.R.Forrest, Appl.Phys.Lett., 75 (1999) p.4.

(4) T.Tsutsui, M.-J.Yang, M.Yahiro, K.Nakamura, T.Watanabe, T.tsuji, Y.Fukuda, T.Wakimoto, S.Mayaguchi, Jpn.Appl.Phys., 38 (12B) (1999) L1502.

【0008】上記論文に記載された有機化合物は、三重項励起エネルギーを発光に変換させることで外部量子効率を向上させた例である。その中には先に述べた外部量子効率の理論的限界値である5%をゆうに越えるものも存在する。これらはいずれも第3遷移系列元素である白金を中心金属とする金属錯体(以下、白金錯体という)もしくはイリジウムを中心金属とする金属錯体(以下、イリジウム錯体という)を用いている。

【0009】また、イリジウム錯体からなる層と公知の蛍光色素であるDCMからなる層とを交互に積層すると、イリジウム錯体で生成した三重項励起エネルギーがDCMに移動し、DCMの発光中心が励起して間接的に発光に変換される。DCMの発光は一重項励起状態からの発光(蛍光の発光)であるが、効率良く発生するイリジウム錯体の三重項励起エネルギーをDCMの一重項励起エネルギーに変換できるという点で利点がある。

【0010】このように三重項励起エネルギーを発光に変化しうる有機化合物を用いたEL素子は外部量子効率が従来のそれよりも高い。外部量子効率が高ければ発光輝度も向上するため、三重項励起エネルギーを発光に変化しうる有機化合物を用いたEL素子は高輝度発光を達

成するための手段として、今後の開発において大きなウェートを占めると考えられている。

【0011】しかしながら上記白金もしくはイリジウムは高価な金属であるため、それらを用いた金属錯体も高価であり、将来的にコスト低減の弊害になることが予想される。また、重金属を含む金属錯体が人体に与える影響を考えると、中心金属としてはできるだけ安全で廃棄処理が簡単な材料が好ましい。

【0012】また、前述のイリジウム錯体の発光色は緑色、白金錯体の発光色はオレンジ色といったいずれも可視光領域の中間に位置する波長であり、色純度の高い赤色や青色が得られていない。従って、将来的にフルカラーのフラットパネルディスプレイに使用することを考えると、イリジウム錯体や白金錯体同様に外部量子効率が高く、かつ、色純度の高い赤色発光および青色発光が得られる有機化合物が必要となることが予想される。

【0013】以上のことから、既存のイリジウム錯体や白金錯体だけでなく、リン光発光が得られる新しい有機化合物の開発が必要不可欠な状況にある。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】本発明では、三重項励起エネルギーを発光に変換しうる有機化合物を従来よりも安価に提供することを課題とする。また、従来よりも高い効率で三重項励起エネルギーを発光に変換しうる有機化合物を提供することを課題とする。そして、それらを用いて発光効率の高いEL素子を提供することを課題とする。

【0015】また、本発明を実施することで得られた発光効率の高いEL素子を用いて、明るく消費電力の少ない発光装置およびそれを用いた消費電力の少ない電気器具を提供することを課題とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明者は、フォトルミネッセンス(PL)で知られる重原子効果に着目した。重原子効果とは、有機化合物の分子内もしくは溶媒内に導入された重原子(多くの原子核荷重を保有している原子)により、スピナー軌道相互作用が強くなっている現象を指す。なお、原子核荷重とは原子番号、即ち原子核の正電荷の数に相当する。

【0017】そこで本発明者は、三重項励起エネルギーを発光に変換させるためには、スピナー軌道相互作用が強いことが必要であり、意図的にスピナー軌道相互作用を強める分子構造を含む有機化合物を用いることによって三重項励起エネルギーを発光に変換しうるEL素子が得られると考えた。即ち、中心金属として重原子を用いなくても重原子効果を発生させうる分子構造を含む有機化合物を用いれば三重項励起エネルギーを発光に変換しうると考えた。

【0018】重原子を用いずにスピナー軌道相互作用を強めるためには、中心金属の個数を増やすことで総原子

核荷重を増やし実質的に重原子を含む分子構造とする方法、強磁性もしくは反強磁性を示す分子構造とする方法、中心金属として強磁性金属を用いた分子構造とする方法が挙げられる。特に、強磁性もしくは反強磁性を示す分子構造とすることは、分子設計によりスピナー軌道相互作用の強さを調整することができるため好ましいと言える。

【0019】そこで本発明では、スピナー軌道相互作用を強める分子構造を含む有機化合物として遷移元素を中心金属とする多核錯体(2個以上の中心金属を有した金属錯体)をEL素子に用いることを特徴とする。

【0020】即ち、白金やイリジウムよりも安価な金属(具体的には第1遷移系列元素)を用いた多核錯体をEL素子の発光層(再結合が行われる有機化合物からなる層)もしくはドーパント色素(発光層中に添加され、発光中心として機能する色素)として用いることにより、高い内部量子効率のEL素子を従来よりも安価な製造コストで得ることができる。

【0021】また、多核錯体とすることで従来の重原子(白金やイリジウム)を用いた単核錯体よりも実施的に重原子を増やし、その結果としてスピナー軌道相互作用を強めてEL素子の内部量子効率を向上させることも可能である。

【0022】多核錯体を用いることで、同種もしくは異種の金属同士を一つの金属錯体内に存在させることができる。即ち、中心金属の組み合わせにより単核錯体では成し得なかった分子構造も可能となり、リン光発光する金属錯体の中心金属や配位子の選択幅が広がる。

【0023】例えば、白金を中心金属とする金属錯体のようにもともとリン光発光が得られる金属錯体内に、強磁性金属であるニッケルを導入することで三重項励起状態からの発光が得やすくなる可能性がある。また、ニッケルの導入により三重項励起状態から一重項励起状態への遷移確率が増す可能性があり、それによりリン光発光の発光効率を従来以上に高められる可能性がある。

【0024】また、多核錯体の場合、中心金属の組み合わせにより励起エネルギー状態が変化する。金属錯体による三重項励起では、配位子にて生成された三重項励起エネルギーを受けて中心金属が三重項励起状態となり、リン光を発光することができる。従って、中心金属の組み合わせにより励起エネルギー状態を変えることで、リン光の発光色を変えることも可能である。

【0025】さらに、多核錯体では共有結合により中心金属が結合した金属錯体を設計することも可能である。本発明者は、金属が金属錯体内においてクラスター状態で存在することにより重原子効果を引き起こすことが可能と考えている。

【0026】また、多核錯体は配位子がキレートを形成して中心金属を取り囲む構造が多く、容易に立体的な分子構造(安定な分子構造)を得ることが可能であるとい

う利点がある。このような立体的な構造（立体障害ともいう）は、分子間の相互作用を抑制する効果があるため、結果的に濃度消光（濃度が高くなることで発光しなくなる現象）しにくい錯体とすることができます。

【0027】以上のように、多核錯体を発光層もしくはドーパント色素として用いて分子設計を行うことによりEL素子の発光効率を従来以上に高めることができるとなる。また、発光色も多核錯体の分子設計により制御することが可能となる。また、その結果、安価で消費電力の少ない発光装置を得ることができる。

【0028】なお、本明細書中において、発光装置とは発光素子としてEL素子を用いた画像表示デバイスもしくは面発光デバイスを指す。また、EL素子の形成された基板にTAB (Tape Automated Bonding) テープもしくはTCP (Tape Carrier Package) が取り付けられたモジュール、TABテープやTCPの先にプリント配線板が設けられたモジュールまたはCOG (Chip On Glass) 方式によりIC (集積回路) がEL素子の形成された基板に直接実装されたモジュールもすべて発光装置に含むものとする。

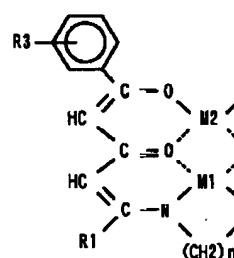
【0029】

【発明の実施の形態】本発明が開示する三重項励起エネルギーを発光に変換しうる有機化合物は以下に示す分子式で表すことができる。

【0030】下記分子式(1)～(5)で表される有機化合物は同種もしくは異種の二つの金属原子を含む多核錯体（特に二つの金属原子を含む場合は複核錯体ともいう）である。これらは合成が簡便であるという利点を有する。

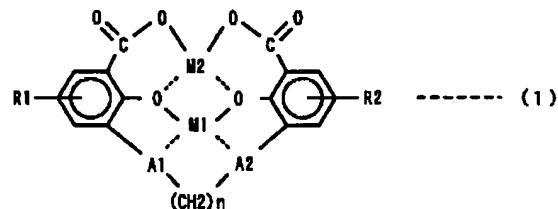
【0031】なお、異種の二つの金属元素を中心金属として含む金属錯体の一般式は下記分子式(1)～(3)で表され、同種の二つの金属元素を中心金属として含む金属錯体の一般式は下記分子式(4)、(5)で表される。

【0032】



【0037】上記分子式(3)で表される有機化合物において、R1～R4は水素原子、アルキル基もしくはベンゼン核を含む置換基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。なお、R1とR2もしくはR3とR4とは互いに結合して環を形成していても良い。また、M1およびM2は二価の金属原子または周期表の15～17族に属する元素との共有結合、イオン結合もしくは配位結合を含む一価の金属原子であり、それぞれ異種でも同種でも

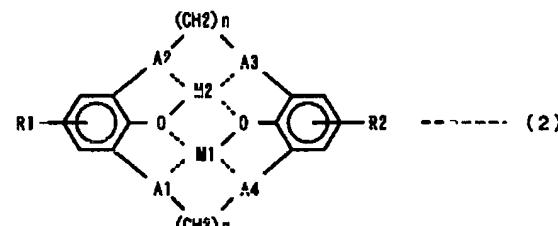
【化6】



【0033】上記分子式(1)で表される有機化合物において、R1およびR2は水素原子、アルキル基もしくはベンゼン核を含む置換基（フェニル基や置換基を含むアリール基）であり、それぞれ異種でも同種でも良い。また、A1およびA2は窒素、酸素、炭素もしくは硫黄を含む鎖状の置換基またはヘテロ原子を含む複素環式基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。また、M1およびM2は遷移元素であり、それぞれ異種でも同種でも良い。なお、nはn=2以上の整数である。

【0034】

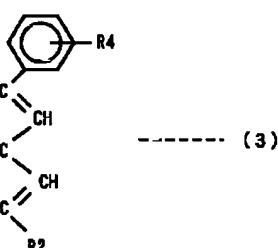
【化7】



【0035】上記分子式(2)で表される有機化合物において、R1およびR2は水素原子、アルキル基もしくはベンゼン核を含む置換基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。また、A1～A4は窒素、酸素、炭素もしくは硫黄を含む鎖状の置換基またはヘテロ原子を含む複素環式基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。また、M1およびM2は遷移元素であり、それぞれ異種でも同種でも良い。なお、nはn=2以上の整数である。

【0036】

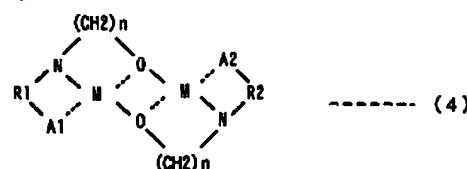
【化8】



良い。なお、nはn=2以上の整数である。

【0038】

【化9】

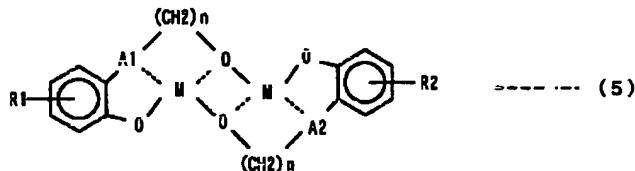


【0039】上記(4)の分子式で表される有機化合物において、R1およびR2は、炭素原子が鎖状に結合した置換基(特にカルボニル基を含む置換基)もしくはベンゼン核を含む置換基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。また、A1およびA2は、アミノ基もしくはヘテロ原子を含む複素環式基(代表的には窒素、酸素もしくは硫黄を含む複素環式基)であり、それぞれ異種でも

同種でも良い。また、Mは、二価の金属原子または周期表の15~17族に属する元素との共有結合、イオン結合もしくは配位結合を含む二価以上の金属原子である。なお、nはn=2以上の整数である。

【0040】

【化10】



【0041】上記分子式(5)で表される有機化合物において、R1およびR2は水素原子、アルキル基もしくはベンゼン核を含む置換基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。また、A1およびA2は窒素、酸素、炭素もしくは硫黄を含む鎖状の置換基またはヘテロ原子を含む複素環式基であり、それぞれ異種でも同種でも良い。また、Mは遷移元素である。なお、nはn=2以上の整数である。

【0042】また、上記有機化合物以外にも、中心金属の間に共有結合を有する多核錯体も本発明の有機化合物として用いることができる。

【0043】なお、M1もしくはM2で表される中心金属として同種の金属を用いる場合は、Co(II)、Ni(I)もしくはCu(II)を用いれば良い。なお、分子式(4)、(5)で表される有機化合物において、Mで表される中心金属においても同様のことが言える。

【0044】また、M1もしくはM2で表される中心金属として異種の金属を用いる場合は、次の表のような組み合わせがありうる。

【0045】

【表1】

異種の中心金属を用いた場合

M1	M2
Cu(II)	Cr(III)、Mn(II)、Fe(II)、Fe(III) Co(II)、Ni(II)もしくはZn(II)
Ni(II)	Mn(II)、Fe(II)、Co(II)もしくはCu(II)
Co(II)	Mn(II)、Fe(II)もしくはCu(II)
V(IV)	Mn(II)もしくはZn(II)
Cu(II)	ランタノイド元素 (典型的にはLa、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、TmもしくはYb)

【0046】以上に示した本発明の有機化合物は中心金属を安価な金属とすることにより従来のものよりも安価にすることができる。また、本発明の有機化合物を用いたEL素子は発光効率を従来のものよりも高くすることができます。従って、本発明の有機化合物をEL素子に用いた本発明の発光装置は、明るく消費電力の少ない発光装置とすることができる。

【0047】

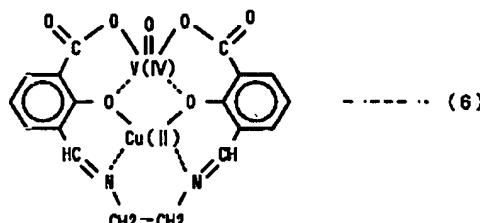
【実施例】【実施例1】本実施例では、発明の実施の形態において分子式(1)で表される多核錯体を具体的に例示する。

【0048】まず、下記分子式(6)で表される有機化合物は、中心金属として四価のバナジウム(V(IV))と二価の銅(Cu(II))を用いた複核錯体であり、金属原子間に強磁性的作用が働いている。また、バナジウムの

原子核荷重が23、銅の原子核荷重が29であるため、分子式(6)で表される有機化合物の総原子核荷重は52に相当する。従って、重原子効果の上に強磁性による作用が期待でき、それによりスピナー軌道相互作用が強められ、三重項励起エネルギーを発光に変換する効率が向上すると考えられる。

【0049】

【化11】

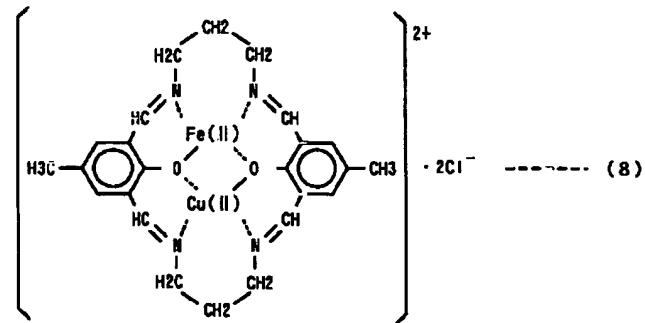
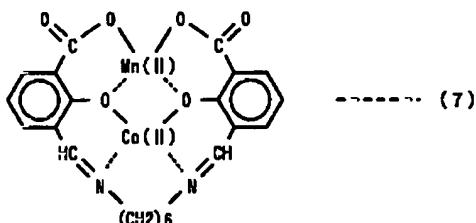


【0050】また、下記分子式(7)で表される有機化

合物は、中心金属として二価のマンガン (Mn(II)) と二価のコバルト (Co(II)) を用いた複核錯体である。マンガンの原子核荷重が 25、コバルトの原子核荷重が 27 であるため、分子式 (7) で表される有機化合物の総原子核荷重は 52 に相当する。それにより重原子効果が生じ、スピナー軌道相互作用が強められ、三重項励起エネルギーを発光に変換する効率が向上すると考えられる。

【0051】

【化12】

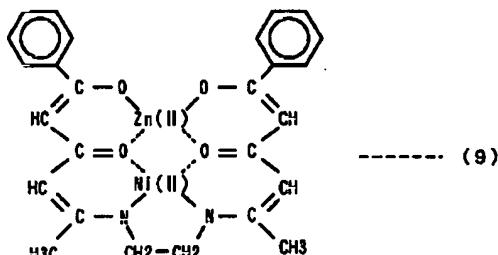


【0055】【実施例3】本実施例では、発明の実施の形態において分子式 (3) で表される多核錯体を具体的に例示する。

【0056】下記分子式 (9) で表される有機化合物は、中心金属として二価の亜鉛 (Zn(II)) と二価のニッケル (Ni(II)) を用いた複核錯体である。亜鉛の原子核荷重が 30、ニッケルの原子核荷重が 28 であるため、分子式 (9) で表される有機化合物の総原子核荷重は 58 に相当する。それにより重原子効果が生じ、スピナー軌道相互作用が強められ、三重項励起エネルギーを発光に変換する効率が向上すると考えられる。

【0057】

【化14】



【0058】【実施例4】本実施例では、発明の実施の形態において分子式 (4) で表される多核錯体を具体的に例示する。

【0059】下記分子式 (10) で表される有機化合物

【0052】【実施例2】本実施例では、発明の実施の形態において分子式 (2) で表される多核錯体を具体的に例示する。

【0053】下記分子式 (8) で表される有機化合物は、中心金属として二価の鉄 (Fe(II)) と二価の銅 (Cu(II)) を用いた複核錯体である。鉄の原子核荷重が 26、銅の原子核荷重が 29 であるため、分子式 (8) で表される有機化合物の総原子核荷重は 55 に相当する。それにより重原子効果が生じ、スピナー軌道相互作用が強められ、三重項励起エネルギーを発光に変換する効率が向上すると考えられる。

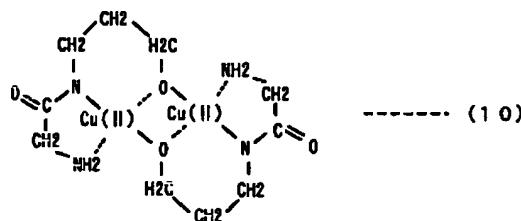
【0054】

【化13】

は、中心金属として二つの二価の銅 (Cu(II)) を用いた複核錯体であり、金属原子間に反強磁性の作用が働いている。また、銅の原子核荷重が 29 であるため、分子式 (10) で表される有機化合物の総原子核荷重は 58 に相当する。従って、反強磁性および重原子効果によりスピナー軌道相互作用が強められ、三重項励起エネルギーを発光に変換する効率が向上すると考えられる。

【0060】

【化15】



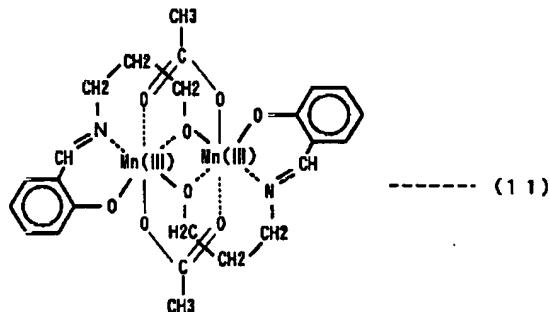
【0061】【実施例5】本実施例では、発明の実施の形態において分子式 (5) で表される多核錯体を具体的に例示する。

【0062】下記分子式 (11) で表される有機化合物は、中心金属として二つの三価のマンガン (Mn(II)) を用いた複核錯体である。マンガンの原子核荷重が 25 であるため、分子式 (11) で表される有機化合物の総原子核荷重は 50 に相当する。それにより重原子効果が生じ、スピナー軌道相互作用が強められ、三重項励

起エネルギーを発光に変換する効率が向上すると考えられる。

【0063】

【化16】



【0064】〔実施例6〕発明の実施の形態で説明した分子式(1)～(5)で表される有機化合物および実施例1～実施例5で説明した分子式(6)～(11)で表される有機化合物は、EL素子において発光層、正孔輸送層、電子輸送層もしくはドーパント色素として用いることができる。

【0065】本発明の有機化合物が、最低非占有分子軌道(LUMO)準位が低く最高占有分子軌道(HOMO)準位の高い金属錯体、即ちエネルギーギャップが狭い金属錯体である場合、発光層として用いることが有効であり、その場合の発光は長波長側の光になりやすい。本発明の有機化合物を発光層として用いた場合のバンドダイアグラムを図1に示す。図1において、101はアノード(Anode)、102はカソード(Cathode)、103は正孔輸送層(Hole Transfer Layer:HTL)、104は発光層(Emitting Layer:EML)、105は電子輸送層(Electron Transfer Layer:ETL)である。

【0066】また、本発明の有機化合物が正孔輸送性を有する場合、正孔輸送性の発光層として用いることが有効であり、その場合はHOMO準位の低い電子輸送層を正孔ブロッキング層として用いることで正孔輸送層における再結合確率を増加させることができる。本発明の有機化合物を正孔輸送性の発光層として用いた場合のバンドダイアグラムを図2に示す。図2において、201はアノード、202はカソード、203は正孔輸送性の発光層、204は電子輸送層である。

【0067】また、本発明の有機化合物が電子輸送性を有する場合、電子輸送性の発光層として用いることが有効であり、その場合はLUMO準位の高い正孔輸送層を電子ブロッキング層として用いることで電子輸送層における再結合確率を増加させることができる。本発明の有機化合物を電子輸送性の発光層として用いた場合のバンドダイアグラムを図3に示す。図3において、301はアノード、302はカソード、303は電子輸送性の発光層、304は正孔輸送層である。

【0068】また、本発明の有機化合物がキャリア輸送

性を持たず、かつ、HOMO準位がキャリア輸送層のHOMO準位より高くLUMO準位がキャリア輸送層のLUMO準位より低い場合、ドーパント色素として用いることが有効である。なお、ドーパント色素として添加するキャリア輸送層は正孔輸送層でも電子輸送層でも良い。また、発光層に添加することも可能である。

【0069】ここでは本発明の有機化合物を正孔輸送層に添加した場合のバンドダイアグラムを図4に示す。図4において、401はアノード、402はカソード、403は正孔輸送層、404は正孔輸送層403の内部に添加されたドーパント色素(Dopant)、405は正孔ブロッキング層(Hole Blocking Layer:HBL)、406は電子輸送層である。

【0070】なお、電子輸送層406にもドーパント色素を添加して正孔ブロッキング層405の膜厚を調節することで、正孔輸送層403および電子輸送層406の両方で発光を行わせることも可能である。

【0071】なお、本実施例において、本発明の有機化合物としては前述の分子式(1)～(5)で表される有機化合物のいずれか一つもしくは複数を用いることが可能である。勿論、実施例1～実施例5に示したいずれの有機化合物を用いても良い。

【0072】〔実施例7〕本実施例では、本発明の有機化合物を用いたEL素子を含む発光装置について説明する。図5は本発明の有機化合物を用いたアクティブマトリクス型の発光装置の断面図である。なお、能動素子としてここでは薄膜トランジスタ(以下、TFTという)を用いているが、MOSトランジスタを用いても良い。

【0073】また、TFTとしてトップゲート型TFT(具体的にはプレーナ型TFT)を例示するが、ボトムゲート型TFT(典型的には逆スタガ型TFT)を用いることも可能である。

【0074】図5において、501は基板であり、ここでは可視光を透過する基板を用いる。具体的には、ガラス基板、石英基板、結晶化ガラス基板もしくはプラスチック基板(プラスチックフィルムを含む)を用いれば良い。なお、基板501には、基板の表面に設けた絶縁膜も含めるものとする。

【0075】基板501の上には画素部511および駆動回路512が設けられている。ここでまず、画素部511について説明する。

【0076】画素部511は画像表示を行う領域であり、複数の画素を有し、各画素にはEL素子に流れる電流を制御するためのTFT(以下、電流制御TFTという)502およびEL素子510が設けられている。なお、ここでは電流制御TFT502しか図示していないが、電流制御TFTのゲートに加わる電圧を制御するためのTFT(以下、スイッチングTFTという)を設けている。

【0077】また、電流制御TFT502は、ここでは

pチャネル型TFTを用いることが好ましい。nチャネル型TFTとすることも可能であるが、図5の構造のようにEL素子の陽極に電流制御TFTを接続する場合は、pチャネル型TFTにした方が消費電力を抑えることができる。但し、スイッチングTFT（図示せず）はnチャネル型TFTでもpチャネル型TFTでも良い。

【0078】また、電流制御TFT502のドレインには画素電極503が電気的に接続されている。ここでは、画素電極503の材料として仕事関数が4.5～5.5eVの導電性材料を用いるため、画素電極503はEL素子510の陽極として機能する。画素電極503として代表的には、酸化インジウム、酸化スズ、酸化亜鉛もしくはこれらの化合物を用いれば良い。

【0079】また、画素電極503の上にはEL層504が設けられている。なお、本明細書においてEL層とはEL素子の構成に含まれる有機化合物もしくは無機化合物からなる積層体であり、発光層に正孔注入層、正孔輸送層、正孔ブロッキング層、電子注入層、電子輸送層もしくは電子ブロッキング層として機能する有機化合物もしくは無機化合物を積層した層の総称を指す。但し、EL層には発光層を単層で用いた場合も含むものとする。本実施例では、本発明の有機化合物をEL層中の発光層もしくはドーパント色素として用いる。

【0080】次に、EL層504の上には陰極505が設けられる。陰極505の材料としては仕事関数が2.5～3.5eVの導電性材料を用いる。陰極505として代表的には周期表の1族もしくは2族に属する元素を含む導電膜もしくはそれにアルミニウム合金を積層して用いれば良い。

【0081】また、画素電極503、EL層504および陰極505からなるEL素子510は、保護膜506で覆われている。保護膜506はEL素子510を酸素および水から保護するために設けられる。保護膜506の材料としては、窒化珪素膜、窒化酸化珪素膜、酸化アルミニウム膜、酸化タンタル膜もしくは炭素膜（具体的にはダイヤモンドライクカーボン膜）を用いる。

【0082】次に、駆動回路512について説明する。駆動回路512は画素部511に伝送される信号（ゲート信号およびデータ信号）のタイミングを制御する領域であり、シフトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイッチ（トランスマゲート）もしくはレベルシフタが設けられている。ここでは、これらの回路の基本単位としてnチャネル型TFT507およびpチャネル型TFT508からなるCMOS回路を示している。

【0083】なお、シフトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイッチ（トランスマゲート）もしくはレベルシフタの回路構成は公知のもので良い。また、図5では同一の基板上に画素部511および駆動回路512を設けているが、駆動回路512を設けずにICやLSIを電気的に接続することも可能である。

【0084】また、ここでは電流制御TFT502にEL素子510の陽極が電気的に接続されているが、EL素子の陰極が電流制御TFTに電気的に接続された構造とすることもできる。その場合、画素電極を陰極505と同様の材料で形成し、陰極を画素電極503と同様の材料で形成すれば良い。また、その場合、電流制御TFTはnチャネル型TFTとすることが好ましい。

【0085】ここで、図5に示したアクティブマトリクス型の発光装置の外観図を図6に示す。なお、図6(A)には上面図を示し、図6(B)には図6(A)をA-A'で切断した時の断面図を示す。また、図5の符号を引用する。

【0086】図6(A)において、601は画素部、602はゲート信号側駆動回路、603はデータ信号側駆動回路である。また、ゲート信号側駆動回路602およびデータ信号側駆動回路603に伝送される信号は入力配線604を介してTAB (Tape Automated Bonding) テープ605から入力される。なお、図示しないが、TABテープ605の代わりに、TABテープにIC（集積回路）を設けたTCP (Tape Carrier Package) を接続しても良い。

【0087】このとき、606は図5に示したEL素子510の上方に設けられるカバー材であり、樹脂からなるシール材607により接着されている。カバー材606は酸素および水を透過しない材質であれば如何なるものも用いても良い。ここではカバー材606は、図6(B)に示すようにプラスチック材606a、該プラスチック材606aの表面および裏面に設けられた炭素膜（具体的にはダイヤモンドライクカーボン膜）606b、606cからなる。

【0088】さらに、図6(B)に示すように、シール材607は樹脂からなる封止材608で覆われ、EL素子510を完全に密閉空間609に封入するようになっている。このとき、密閉空間609は不活性ガス（代表的には窒素ガスもしくは希ガス）、樹脂または不活性液体（代表的にはパーカルオロアルカンに代表される液状のフッ素化炭素）を充填しておけば良い。さらに、吸湿剤もしくは脱酸素剤を設けることも有効である。

【0089】また、本実施例に示した発光装置の表示面（画像を観測する面）に偏光板を設けても良い。この偏光板は、外部から入射した光の反射を抑え、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果を有する。一般的には円偏光板が用いられている。但し、EL層から発した光が偏光板により反射されて内部に戻されることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが望ましい。

【0090】なお、本実施例の発光装置に含まれたEL素子には、本発明の有機化合物（分子式(1)～(11)で表される有機化合物）のいずれを用いても良い。また、実施例6の構成と組み合わせて実施することも可

能である。

【0091】〔実施例8〕本実施例では、本発明の有機化合物を用いたEL素子を含む発光装置について説明する。図7は本発明の有機化合物を用いたパッシブマトリクス型の発光装置の断面図である。

【0092】図7(A)において、701は基板であり、ここではプラスチック材を用いる。プラスチック材としては、ポリイミド、ポリアミド、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、PES(ポリエチレンサルファイル)、PC(ポリカーボネート)、PET(ポリエチレンテレフタレート)もしくはPEN(ポリエチレンナフタレート)を板状もしくはフィルム状にして用いることができる。

【0093】702は酸化物導電膜からなる走査線(陽極)であり、本実施例では酸化亜鉛に酸化ガリウムを添加した酸化物導電膜を用いる。また、703は金属膜からなるデータ線(陰極)であり、本実施例ではビスマス膜を用いる。また、704はアクリル樹脂からなるバンクであり、データ線703を分断するための隔壁として機能する。走査線702とデータ線703は両方ともストライプ状に複数本形成されており、互いに直交するように設けられる。なお、図7(A)では図示されないが、走査線702とデータ線703の間にはEL層が挟まれており、705で示される交差部が画素となる。

【0094】そして、走査線702およびデータ線703はTABテープ707を介して外部の駆動回路に接続される。なお、708は走査線702が集合してなる配線群を表しており、709はデータ線703に接続された接続配線706の集合からなる配線群を表している。また、図示しないが、TABテープ707の代わりに、TABテープにICを設けたTCPを接続しても良い。

【0095】また、図7(B)において、710はシール材、711はシール材710によりプラスチック材701に貼り合わせたカバー材である。シール材710としては光硬化樹脂を用いれば良く、脱ガスが少なく、吸湿性の低い材料が好ましい。また、カバー材としては基板701と同一の材料が好ましく、ガラス(石英ガラスを含む)もしくはプラスチックを用いることができる。ここではプラスチック材を用いる。

【0096】また、712で示された領域は画素の構造を示しており、この拡大図を図7(C)に示す。713はEL層であり、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、電子輸送層もしくは電子注入層を適宜組み合わせて形成する。勿論、発光層を単層で用いても良い。このとき発光層には本発明の有機化合物を用いれば良い。

【0097】なお、図7(C)に示すようにバンク704は下層の幅が上層の幅よりも狭い形状となっており、データ線703を物理的に分断する。

【0098】また、シール材710で囲まれた画素部714は、樹脂からなる封止材715により外気から遮断

され、EL層の劣化を防ぐ構造となっている。

【0099】以上のような構成を含む本発明の発光装置は、画素部714が走査線702、データ線703、バンク704およびEL層713で形成されるため、非常に簡単なプロセスで作製することができる。

【0100】また、本実施例に示した発光装置の表示面(画像を観測する面)に偏光板を設けても良い。この偏光板は、外部から入射した光の反射を抑え、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果を有する。一般的には円偏光板が用いられている。但し、EL層から発した光が偏光板により反射されて内部に戻されることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが望ましい。

【0101】なお、本実施例の発光装置に含まれたEL素子には、本発明の有機化合物(分子式(1)～(11)で表される有機化合物)のいずれを用いても良い。また、実施例6の構成と組み合わせて実施することも可能である。

【0102】〔実施例9〕本実施例では、実施例8に示した発光装置にプリント配線板を設けてモジュール化した例を示す。

【0103】図8(A)に示すモジュールは、EL素子が形成された基板10(画素部11、配線12a、12bを含む)にTABテープ13が取り付けられ、そのTABテープ13を介してプリント配線板14が取り付けられている。ここでプリント配線板14の機能ブロック図を図8(B)に示す。

【0104】図8(B)に示すように、プリント配線板14の内部には少なくともI/Oポート(入力もしくは出力部ともいう)15、18、データ信号側駆動回路16およびゲート信号側駆動回路17として機能するICが設けられている。

【0105】このように、基板面に画素部が形成された基板にTABテープが取り付けられ、そのTABテープを介して駆動回路としての機能を有するプリント配線板が取り付けられた構成のモジュールを、本明細書では特に駆動回路外付け型モジュールと呼ぶことにする。

【0106】なお、本実施例の発光装置に含まれたEL素子には、本発明の有機化合物(分子式(1)～(11)で表される有機化合物)のいずれを用いても良い。また、実施例6の構成と組み合わせて実施することも可能である。

【0107】〔実施例10〕本実施例では、実施例7もしくは実施例8に示した発光装置にプリント配線板を設けてモジュール化した例を示す。

【0108】図9(A)に示すモジュールは、EL素子が形成された基板20(画素部21、データ信号側駆動回路22、ゲート信号側駆動回路23、配線22a、23aを含む)にTABテープ24が取り付けられ、そのTABテープ24を介してプリント配線板25が取り付

けられている。ここでプリント配線板25の機能ブロック図を図9 (B) に示す。

【0109】図9 (B) に示すように、プリント配線板25の内部には少なくともI/Oポート26、29、コントロール部27として機能するICが設けられている。なお、ここではメモリ部28が設けられているが、必ずしも必要ではない。また、コントロール部27は、駆動回路の制御、映像データの補正などをコントロールするための機能を有した部位である。

【0110】このように、EL素子が形成された基板にコントローラーとしての機能を有するプリント配線板が取り付けられた構成のモジュールを、本明細書では特にコントローラー外付け型モジュールと呼ぶことにする。

【0111】なお、本実施例の発光装置に含まれたEL素子には、本発明の有機化合物(分子式(1)～(11)で表される有機化合物)のいずれを用いても良い。また、実施例6の構成と組み合わせて実施することも可能である。

【0112】〔実施例11〕本発明の発光装置は、明るく低消費電力であり、さらに信頼性が高いという利点を有するため、様々な電気器具の光源として用いることが可能である。

【0113】代表的には、液晶表示装置のバックライトもしくはフロントライトとして用いる光源または照明機器の光源として用いることができる。

【0114】なお、本実施例の発光装置に含まれたEL素子には、本発明の有機化合物(分子式(1)～(11)で表される有機化合物)のいずれを用いても良い。また、実施例6の構成と組み合わせて実施することも可能である。

【0115】〔実施例12〕本発明の発光装置は、自発光型であるため液晶表示装置に比べて明るい場所での視認性に優れ、しかも視野角が広い。従って、様々な電気器具の表示部として用いることができる。

【0116】本発明の電気器具としては、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ(ヘッドマウントディスプレイ)、ナビゲーションシステム、音響機器、ノート型パソコン、ゲーム機器、無線携帯機器(モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機器または電子書籍)、記録媒体を備えた画像再生装置などが挙げられる。それらの具体例を図10、図11に示す。

【0117】図10 (A) はELディスプレイであり、筐体2001、支持台2002、表示部2003を含む。本発明の発光装置は表示部2003に用いることができる。ELディスプレイは自発光型であるためバックライトが必要なく、液晶ディスプレイよりも薄い表示部とすることができます。

【0118】図10 (B) はビデオカメラであり、本体2101、表示部2102、音声入力部2103、操作

スイッチ2104、バッテリー2105、受像部2106を含む。本発明の発光装置は表示部2102に用いることができる。

【0119】図10 (C) はデジタルカメラであり、本体2201、表示部2202、接眼部2203、操作スイッチ2204を含む。本発明の発光装置は表示部2202に用いることができる。

【0120】図10 (D) は記録媒体を備えた画像再生装置であり、本体2301、記録媒体(CD、LDまたはDVD等)2302、操作スイッチ2303、表示部(a)2304、表示部(b)2305を含む。表示部(a)は主として画像情報を表示し、表示部(b)は主として文字情報を表示するが、本発明の発光装置はこれら表示部(a)、(b)に用いることができる。なお、記録媒体を備えた画像再生装置には、CD再生装置、ゲーム機器なども含まれる。

【0121】図10 (E) は携帯型(モバイル)コンピュータであり、本体2401、表示部2402、受像部2403、操作スイッチ2404、メモリスロット2405を含む。本発明の電気光学装置は表示部2402に用いることができる。この携帯型コンピュータはフラッシュメモリや不揮発性メモリを集積化した記録媒体に情報を記録したり、それを再生したりすることができる。

【0122】図10 (F) はパソコンコンピュータであり、本体2501、筐体2502、表示部2503、キーボード2504を含む。本発明の発光装置は表示部2503に用いることができる。

【0123】なお、将来的にEL材料の発光輝度が高くなれば、出力した画像情報を含む光をレンズ等で拡大投影してフロント型若しくはリア型のプロジェクターに用いることも可能となる。

【0124】また、上記電気器具はインターネットやCATV(ケーブルテレビ)などの電子通信回線や電波などの無線通信を通じて配信された情報を表示するが多くなり、特に動画情報を表示する機会が増してきている。EL材料の応答速度は非常に高いため、そのような動画表示を行うに適している。

【0125】また、発光装置は発光している部分が電力を消費するため、発光部分が極力少なくなるように情報を表示することが望ましい。従って、携帯情報端末、特に携帯電話や車載用オーディオのような文字情報を主とする表示部に発光装置を用いる場合には、非発光部分を背景として文字情報を発光部分で形成するように駆動することが望ましい。

【0126】ここで図11 (A) は携帯電話であり、本体2601、音声出力部2602、音声入力部2603、表示部2604、操作スイッチ2605、アンテナ2606を含む。本発明の発光装置は表示部2604に用いることができる。なお、表示部2604は黒色の背景に白色の文字を表示することで携帯電話の消費電力を

抑えることができる。

【0127】また、図11(B)は音響機器(具体的には車載用オーディオ)であり、本体2701、表示部2702、操作スイッチ2703、2704を含む。本発明の発光装置は表示部2702に用いることができる。また、本実施例では車載用オーディオを示すが、家庭用オーディオに用いても良い。なお、表示部2704は黒色の背景に白色の文字を表示することで消費電力を抑えられる。

【0128】さらに、光センサを内蔵させ、使用環境の明るさを検知する手段を設けることで使用環境の明るさに応じて発光輝度を変調させるような機能を持たせることは有効である。使用者は使用環境の明るさに比べてコントラスト比で100～150の明るさを確保できれば問題なく画像もしくは文字情報を認識できる。即ち、使用環境が明るい場合は画像の輝度を上げて見やすくし、使用環境が暗い場合は画像の輝度を抑えて消費電力を抑えるといったことが可能である。

【0129】なお、本実施例の電気器具は実施例7～実施例10のいずれの構成を含む発光装置を用いても良い。また、本実施例に示した電気器具の表示部をすべて液晶ディスプレイにする場合においても、その液晶ディ

スプレイのバックライトもしくはフロントライトとして本発明の発光装置を用いることができる。

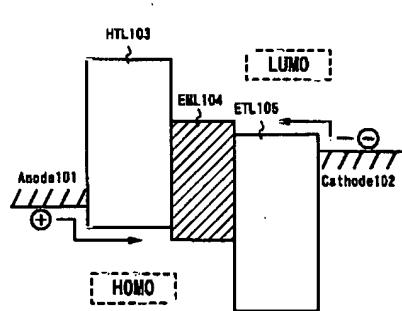
【0130】

【発明の効果】本発明を実施することにより明るく消費電力の少ない発光装置を安価なコストで得ることができる。さらに、そのような発光装置を光源もしくは表示部に用いることで明るい表示部を有し消費電力の低い電気器具を安価なコストで得ることができる。

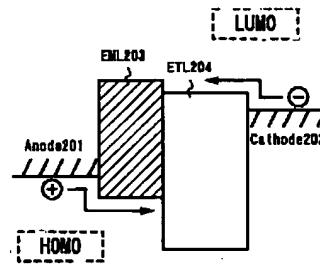
【図面の簡単な説明】

- 【図1】 EL素子のバンドダイアグラムを示す図。
- 【図2】 EL素子のバンドダイアグラムを示す図。
- 【図3】 EL素子のバンドダイアグラムを示す図。
- 【図4】 EL素子のバンドダイアグラムを示す図。
- 【図5】 発光装置の断面構造を示す図。
- 【図6】 発光装置の上面構造および断面構造を示す図。
- 【図7】 発光装置の上面構造および断面構造を示す図。
- 【図8】 発光装置の構成を示す図。
- 【図9】 発光装置の構成を示す図。
- 【図10】 電気器具の具体例を示す図。
- 【図11】 電気器具の具体例を示す図。

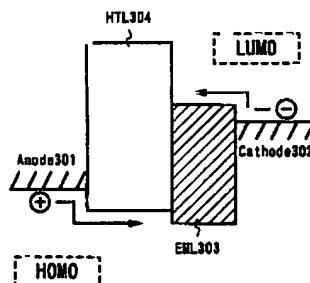
【図1】



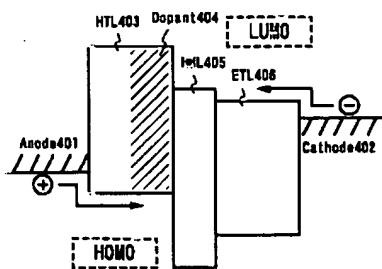
【図2】



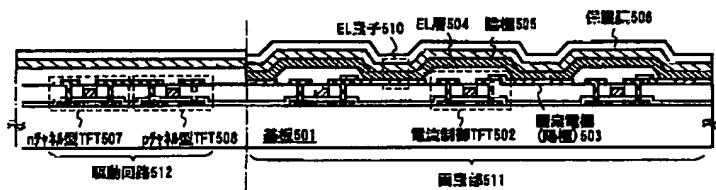
【図3】



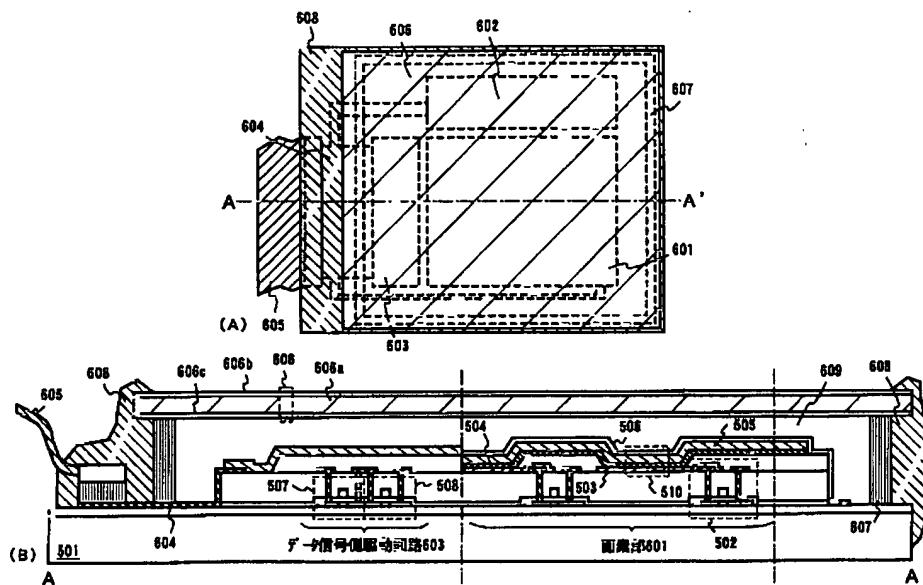
【図4】



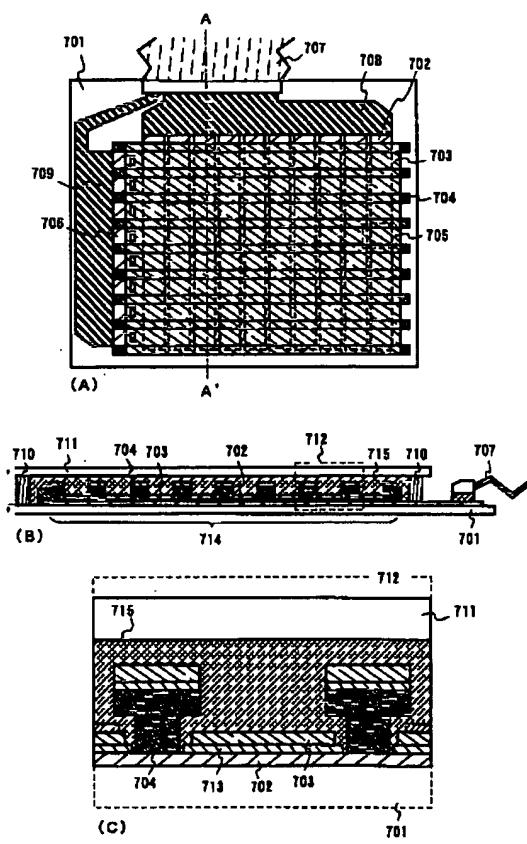
【図5】



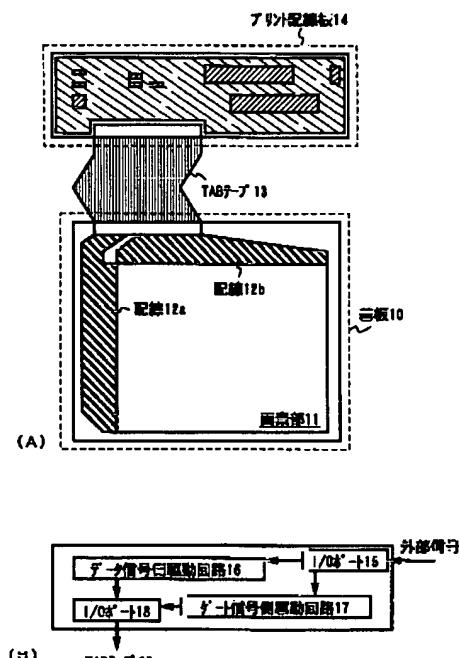
【図6】



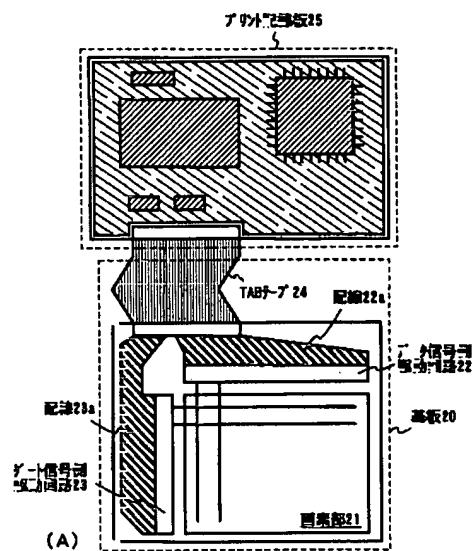
【図7】



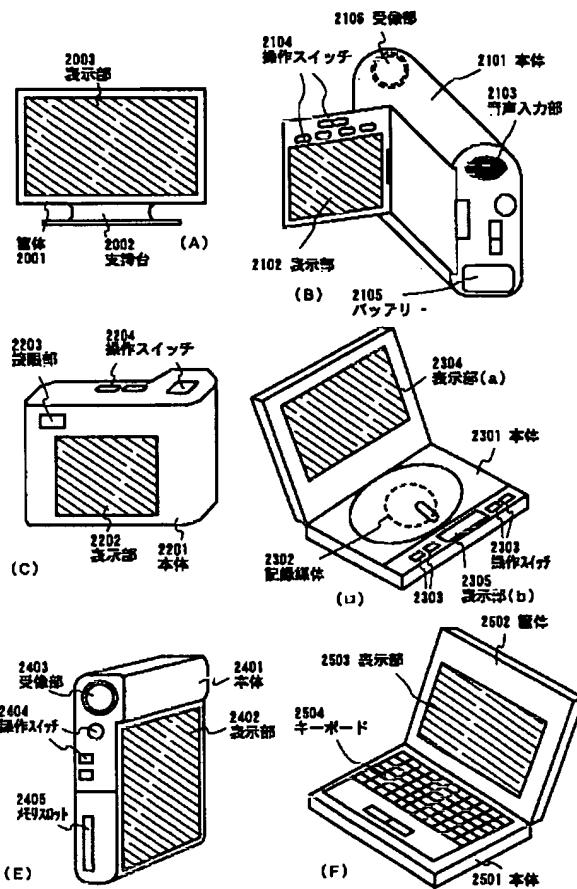
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

